

ISSN : 1693-9050

JURNAL

KINETIKA

VOLUME 4 , Maret 2013

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

VOL.4	NO.1	HAL 1-52	Palembang Maret 2013	ISSN : 1693-9050
-------	------	----------	-------------------------	------------------

DAFTAR ISI

Pengaruh Waktu Penyerapan Abu Terbang Aktif sebagai Adsorben pada Pengolahan Limbah Air Asam Tambang (Aida Syarif dan Rusdianasari)	1-5
Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Solar (Fatria dan Selastia Yuliati)	6-12
Rekayasa Sistem Teknologi Semi Kontinyu untuk Pembuatan Bio-Diesel dari Minyak Jarak dan CPO (Hasmawaty. AR., Erna Yuliwati, Renilaili dan M Ali)	13-17
Pemanfaatan Kitosan dari Kulit Udang sebagai Penyerap Ion Logam (Fe^{2+}) dan (Mn^{2+}) dalam Air Rawa (Ibnu Hajar)	18-22
Penentuan Volume Penyerap Optimum pada Pengukuran Gas Buang Kendaraan Bermotor (K. A. Ridwan, Zulkarnain dan Yuniar)	23-30
Pengaruh Kadar Air Tempurung Kelapa dan Temperatur Pirolisa terhadap Yield Asap Tempurung Kelapa (Robert Junaidi)	31-35
Pemanfaatan Biji Alpukat (<i>Persea Americana</i>) menjadi Metil Ester sebagai Bahan Bakar Alternatif (BBA) (Sopiah dan Malisa)	36-42
Arang Aktif dari Sekam Padi sebagai Bahan Penyerap Logam Krom dan Besi dari Air Limbah Pelapisan Krom (Muhammad Taufik)	43-46
Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar terhadap Flame Temperatur dalam Burning Zone dan Effisiensi Thermal pada Steam Power Generation Pengaruh Rasio Udara (Tahdid dan Helfi Mega Sari)	47-52

REKAYASA SISTEM TEKNOLOGI SEMI KONTINYU UNTUK PEMBUATAN BIO-DIESEL DARI MINYAK JARAK DAN CPO

HALF-CONTINUOUS ARTIFICIAL TECHNOLOGY SYSTEM IN BIO-DIESEL MAKING FROM OIL AND CRUDE PALM OIL

Hasmawaty. AR¹, Erna Yuliwati¹, Renilaili¹, M. Ali²

¹Staf Pengajar Teknik Industri Universitas Bina Darma, Palembang

²Staf Pengajar Teknik Mesin Universitas Tridinanti, Palembang

Jln. Ahmad Yani No. 12. Plaju. Palembang

email: cathie_adam@yahoo.co.id

ABSTRACT

One of the alternative for fossil replacing is biodiesel which is produced from standard material like palm oil and sawit mentah. From the BPPT experiment, excessive biodiesel has octan number to the piston machine, free sulfur, and produce a minimum smoke. So that, it is necessary to have methode due to a biodiesel product necessary to have methode due to a biodiesel production from CPO and jarak oil, in order to make manufacturing process in an efficient way. It is considered that we have to design biodiesel manufacturing technology system continuously, which produced biodiesel conversion higher. The experiment uses a standard material from PT PN VII. A standard material that fulfill the SNI. The result of biodiesel redemen comparison analysis, with batch process, and produced 70% in spesce, 82% in CPO. The next process from jarak oil produced 89% and 93% from CPO.

Keywords: octan-number, batch-process and countinyu.

PENDAHULUAN

Salah satu alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan pengganti bahan bakar fosil adalah penggunaan biodiesel yang diproduksi dari bahan baku hayati. Banyak keuntungan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi diantaranya merupakan sumber energi terbarukan, biodiesel bersifat ramah lingkungan karena tanaman penghasil biodiesel banyak menyerap CO₂ dari atmosfer untuk fotosintesisnya sehingga tidak memberikan kontribusi yang berarti pada pemanasan global (Santosa, 2005). Selain itu, biodiesel juga tidak mengandung sulfur, mudah terdegradasi dan tidak beracun, biodiesel memiliki angka Cetan yang tinggi, bahkan lebih tinggi daripada solar dan juga memiliki sifat pelumasan yang baik (Dwi, 2005).

Kualitas biodiesel antara lain dipengaruhi oleh kualitas minyak, komposisi asam lemak dari minyak, proses produksi dan pasca produksi (Ristek, 2007). Kualitas minyak ditentukan oleh penanganan bahan penghasil minyak dan proses pengambilan atau ekstraksinya. Untuk mendapatkan biodiesel dengan kualitas yang memadai, perlu diperhatikan penanganan bahan sejak pemanenan, produksi biodiesel dan penyimpanannya.

Biodiesel merupakan bahan bakar nabati yang mempunyai sifat serupa dengan minyak diesel, namun memiliki sejumlah kelebihan. Dari hasil

penelitian Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) kelebihan biodiesel antara lain memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin, bebas sulfur dan mengeluarkan asap buangan rendah. Berbeda dengan solar yang biasa dikonsumsi oleh kendaraan selama ini.

Metode pengolahan hasil tanaman yang digunakan untuk pembuatan biodiesel yaitu CPO dan minyak jarak agar dalam proses pengolahannya dapat efisien, maka perlu untuk merancang atau rekayasa suatu sistem teknologi pembuatan biodiesel dari minyak jarak dan *Crude Palm Oil* (CPO) dengan proses semi kontinyu, yang menghasilkan konversi biodiesel menjadi lebih tinggi.

Proses pengolahan biji jarak (castor) sama seperti pada biji-biji lainnya. Buah castor yang telah matang dipanen dan dijemur untuk memudahkan pengambilan bijinya. Biji castor tersebut dikeringkan untuk mempermudah pengambilan daging biji yang berwarna putih dan mudah rusak. Setelah terpisah dari kulit cangkangnya, castor dicuci dan dimasak, kemudian dikeringkan sebelum akhirnya dimasukkan ke dalam alat ekstraksi. Pemasakan daging biji castor tersebut dilakukan untuk menggumpalkan protein dan untuk melepaskan minyak agar proses ekstraksi lebih efisien.

Langkah-langkah proses pendahuluan sampai dengan pemerahan minyak jarak dapat dilakukan dengan menggunakan metode pemerahan hidrolis

dan metode pemerahan ber ulir Teknik pemerahan mekanis juga dapat dikombinasikan dengan teknik ekstraksi dengan pelarut, walaupun mutu yang dihasilkan cukup bagus (terutama jika menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut). Namun dari segi biaya produksi sangat mahal., sehingga kombinasi metode ekstraksi pemerahan dengan metode ekstraksi pelarut tidak sesuai untuk industri kecil menengah. Kombinasi teknik ekstraksi ini lebih sesuai bila diterapkan untuk industri besar

Metil Ester (biodiesel) dari minyak jarak pagar dapat dihasilkan melalui proses transesterifikasi trigliserida dari minyak jarak. Transesterifikasi adalah penggantian gugus alkohol dari suatu ester dengan alkohol lain dalam suatu proses yang menyerupai hidrolisis. Namun berbeda dengan proses hidrolisis, pada proses transesterifikasi pelarut yang digunakan bukan air melainkan alkohol. Umumnya katalis yang digunakan adalah Sodium Metilat, NaOH atau KOH (Nanang, 2003). Metanol lebih umum digunakan karena harganya lebih murah, walaupun tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan jenis alkohol lainnya seperti etanol.

Faktor utama yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi trans esterifikasi adalah rasio molar antara trigliserida dan alkohol, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air, dan kandungan asam lemak bebas pada bahan baku (yang dapat menghambat reaksi yang diharapkan). Faktor lain yang mempengaruhi kandungan ester pada biodiesel diantaranya yaitu kandungan gliserol pada bahan baku minyak, jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi jumlah katalis dan kandungan sabun.

Minyak jarak ini jika dihidrogenasi secara keseluruhan, produk hasil hidrogenasinya memiliki titik leleh yang tinggi 86-88°C (Prakoso, 2003). Nilai titer minyak Jarak lebih rendah dari pada minyak-minyak yang telah dikenal lainnya. Minyak jarak berbeda dengan senyawa-senyawa trigliserida lainnya karena memiliki nilai *specific gravity* yang tinggi, begitu pula dengan viscositas dan nilai keasamannya. Minyak jarak larut dalam etil alkohol berkonsentrasi 95% pada suhu 25 °C satu volume minyak jarak terlarut didalam dua volume larutan alkohol ini. Minyak ini juga larut dalam pelarut organik polar dan kurang larut dalam senyawa hidrokarbon alipatik dan pelarut non-polar lainnya.

Proses perebusan (*sterilizer*) yaitu, memudahkan brondolan lepas dari tandan, melunakkan buah sehingga mudah di aduk, menonaktifkan enzim-enzim yang merusak mutu minyak, menggumpalkan zat putih telur (protein) dalam buah agar pemurnian minyak mudah dilakukan, melekatkan inti dari cangkang.

Setelah direbus, TBS dimasukkan ke dalam alat penebah (*Thresher*) dengan menggunakan *Hoisting Crane*. Adapun tahapan proses secara detail adalah

sebagai berikut; *hosting crane*, *thresher*. Adapun *thresher* yang digunakan Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara Inti ada 2 unit. *Empty Bunch Conveyor* dan *Empty Bunch Hopper*. Fungsi dari *Empty Bunch Hopper* adalah untuk mentransfer janjangan ke *Empty Bunch Hopper* sebelum masuk ke Lapangan.

Menggunakan pengadukan (*Digester*) pengadukan adalah melumatkan daging buah memisahkan daging buah dengan minyak, meniriskan minyak, agar mudah dipengempaan. Brondolan yang telah selesai proses *Thresher*, selanjutnya dimasukkan ke alat pengaduk (*Digester*). Pengadukan dilaksanakan pada kondisi; ketel sudah dalam keadaan penuh, suhu 90⁰-95⁰C dan waktu ± ½ jam (Warta, 2006).

Pengempaan (*screw press*). Fungsi adalah sebagai alat untuk mengeluarkan minyak mesokrapnya dengan cara di kempa. Minyak yang diperoleh dialirkan ke stasiun pemurnian, dijernihkan atau dimurnikan, sedangkan ampas diteruskan ke *Cake Breaker Conveyor* selanjutnya. Operasional *screw press* dan *digester*.

Minyak kasar yang keluar dari pemurnian mengandung kotoran-kotoran, pasir, benda kasar lainnya, oleh karena itu diperlukan pemurnian untuk mengurangi kotoran. Tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut: *Sand Trap Tank*, *Vertical Clarifier Tank*, *Oil Tank*, *Vacum dryer* dan *Oil Transfer Tank*, *Sludge Tank*, *Sand Cyclone*, *Buffer Separator*, *Reclaimed Tank*, *Sludge pit*, *Storage Tank*.

Pembuatan Biodiesel dari minyak jarak dilakukan esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi pencampuran antara kalium hidroksida (KOH) dan metanol (CH₃OH) dengan minyak sawit. Proses ini berlangsung sekitar suhu 58-65 °C (Warta, 2006). Bahan mentah kali dimasukkan ke dalam reaktor pemanas lemak yang selanjutnya dipanaskan yang telah ditentukan. reaktor dilengkapi pemanas dan pengaduk. Setelah pemanasan, pengadukan dijalankan.

Tepat pada suhu reaktor 60°C metanol dan KOH dimasukkan ke dalam reaktor dan waktu reaksi mulai dihitung. Pada akhir reaksi akan terbentuk ampas dengan konversi sekitar 94 % selanjutnya ini diendapkan selama waktu tertentu untuk memisahkan gliserol dengan metanol yang terbentuk berada di lapisan bawah berat jenisnya lebih besar dari pada

Gliserol kemudian dikeluarkan dari reaktor agar tidak mengganggu proses transesterifikasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Persiapan Bahan Baku

Buah di rebus pada *sterilizer*, tujuannya agar (a) brondolan (buah/TBS) lepas dari tandan, sehingga buah menjadi lunak mudah di aduk, (b) menonaktifkan enzim-enzim yang merusak mutu minyak, menggumpalkan zat putih telur (protein) dalam buah agar pemurnian minyak mudah dilakukan. Perebusan dilaksanakan dengan kondisi operasi sebagai berikut; tekanan uap 2,8 sd 3,0 kg/cm² dan temperature 135⁰ C-140⁰C, waktu merebus ± 90 menit. Kran *exhaust* dalam keadaan tertutup, sedangkan kran kondensat di buka selama ± 3 menit, tujuannya untuk mengeluarkan udara yang berada dalam rebusan,. Kemudian tutup kembali kran kondensat dan naikkan tekanan mencapai 1,5 kg/cm² selama ± 6 menit, setelah tekanan tercapai tutup kran uap, buka kran kondensat selama 1 menit baru buka kran *exhaust* selama 2 menit hingga tekanan nol, tutup kembali kran *exhaus* dan kondensat, buka kran uap masuk selama ± 8 menit sehingga tekanan : 2 kg/cm², baru tutup kran uap masuk, buka kran kondensat selama ± 1menit, baru buka kran *exhaust* ± 2 menit sehingga tekanan benar-benar nol. Tutup kembali kran *exhaust* dan kran kondensat, buka kran uap masuk selama ± 12 menit sehingga tekanan mencapai 2,8 – kg/cm.

Setelah tekanan tercapai tutup kran uap masuk dan aliran-aliran uap masuk krebusan berikutnya, dengan cara sama selama masa tahan (35-45 menit) perhatikan tekanan 3 kg/cm² dan temperatur 140⁰C. Waktu masa tahan sudah tercapai maka lakukan pembuangan air kondensat dengan membuka kran kondensat ± menit, baru buka kran *exhaust* ± 5 menit sehingga tekanan yang ada di dalam rebusan benar-benar nol dan dilihat manometranya baru pintu dibuka.

Keluarkan buah yang telah masak dengan *capstand*, perebusan dilakukan dengan sistem tiga puncak dengan; puncak I:1,5 kg/cm², puncak II : 2 kg/cm², puncak III: 2,8-3 kg/cm², pada puncak III perebusan dilaksanakan selama 35-45 menit, tergantung pada kondisi buah (buah segar 45 menit, buah menginap 35 menit). Tujuan perebusan 3 puncak adalah tahap I, pembuangan udara dan penguaoan air dari tandan buah (air kondensat). Tahap II, pembuangan udara, penguapan air dari tandan buah. Dan Tahap III, pematangan dan pelunakkan daging dan membuat kejutan terhadap biji agar terjadi kekoplakan.

Dengan perebusan tiga puncak, maka panas dapat masuk dengan baik, sehingga perebusan dapat matang secara merata. Cara ini dilakukan untuk mendapatkan hasil rebusan buah yang sempurna, mengingat kerapatan brondolan dalam tandan buah

semakin padat atau solid. Untuk mencapai kematangan perbusan brondolan bagian dalam diperlukan panas yang cukup.

Pembuangan air kondensat dan udara pada puncak I dan II harus benar-benar sampai habis, karena air dan udara merupakan penghantar panas yang buruk. Perebusan yang kurang sempurna dapat menimbulkan; brondolan yang sukar lepas dari tandan, atau sering disebut sebagai *Unstripped Bunch (USB)*, dan kehilangan brondolan di janjangan kosong naik, buah yang kurang matang memerlukan perebusan ulang, pengempaan lebih sulit dan inti kurang leang dari cangkangnya, kehilangan minyak dalam ampas *press*, dan kehilangan minyak dalam janjangan kosong naik. Efektifitas perebusan dapat diketahui dari; *unstipped Bunch (USB)*, *oil loss* pada air kondensat, *oil loss* pada tandan kosong & ampas *press*.

Proses berikutnya adalah melakukan pengadukan (*digester*). Tujuan pengadukan adalah melumatkan daging buah dan memisahkan daging buah dengan biji serta meniriskan minyak, agar mudah diproses dalam pengempaan. Pengadukan pada ketel dilakukan pada kondisi dalam keadaan penuh selama ± ½ jam , pada suhu 95⁰C .Selanjutnya di proses dengan pengempaan (*screw press*). Tujuannya untuk mengeluarkan minyak dari mesokrapnya. Minyak kasar yang diperoleh dialirkan ke stasiun klarifikasi untuk dijemihkan atau dimurnikan,.

Tahapan akhir pada proses persiapan bahan baku adalah dengan proses pemurnian. Tujuannya agar minyak terbebas dari zat-zat yang tidak diharapkan

Pengujian kadar Asam Lemak Bebas

bahan baku minyak kelapa sawit.untuk penentuan proses esterifikasi atau langsung pada proses transesterifikasi. Menurut Warta, 2006 jika kadar FFA < 5 ppm maka proses dapat dilakukan tanpa melalui proses esterifikasi. Tetapi jika FFA bahan baku > 5 ppm proses pembuatan biodiesel harus melalui proses esterifikasi terlebih dahulu kemudian proses transesterifikasi.

Pada penelitian ini FFA yang terdapat pada bahan baku sebesar 7,05 %, sehingga perlu proses esterifikasi dan dilanjutkan dengan transesterifikasi. Water Removal, dengan melakukan pemanasan terhadap bahan baku CPO yang dipanaskan secara manual sebelum digunakan sebagai bahan baku percobaan. *Mixing* Katalis (pencampuran Katalis), mencampur katalis basa (NaOH) ke dalam metanol hingga menghasilkan campuran katalis 0,06 %. Pencampuran dilakukan selama 5 menit pada tanki yang memiliki mixer yang dilengkapi dengan kondensor karena reaksi eksotermis.

Proses Esterifikasi (Wirawan, 2005)

Proses esterifikasi dilakukan pada tanki reaktor esterifikasi dimana terjadi reaksi antara 17 l minyak (CPO) dengan 10 l campuran metanol + NaOH selama 1 jam 30 menit pada temperatur konstan 65 ⁰C dan tekanan 1 atmosfer.

Pemisahan I (*Settling I*).

Sebelum dilanjutkan pada tanki kedua untuk proses transesterifikasi, produk yang dihasilkan dipisahkan terlebih dahulu antara lapisan pertama dan kedua dengan lapisan ketiga (terbawah). Lapisan ketiga ditampung pada tanki recovery metanol. Proses ini dilakukan selama 30 menit.

Proses Transesterifikasi

Pada proses transesterifikasi dilakukan penambahan 15:1 campuran katalis basa (dengan perlakuan awal yang sama seperti pada proses esterifikasi). Proses ini juga dilakukan pada temperatur 65 °C dan tekanan 1 atmosfer pada tanki yang menggunakan kondensor. Waktu reaksi 2 jam dan setelah itu dialirkan ke tanki pemisahan II.

Pemisahan II (*Settling II*)

Sebelum dilanjutkan ke tanki pencucian untuk memurnikan produk yang dihasilkan. Pemisahan akan membentuk 3 lapisan. Lapisan pertama dan kedua akan dipisahkan dengan lapisan ketiga (terbawah). Lapisan ketiga ditampung pada tanki recovery metanol. Proses ini dilakukan selama 30 menit.

Pencucian (*Washing*)

Sebelum proses ini dilanjutkan ke tanki pengeringan untuk membersihkan biodiesel dari metanol sisa dan air pencuci, produk dicuci dengan mengumpalkan air pencuci dengan temperatur 80 °C sebanyak 50 % dari total larutan produk. Proses pencucian dilakukan sebanyak dua kali tergantung tingkat pengotor yang ada. Pencucian kedua dilakukan dengan menambahkan air pencuci pada temperatur yang sama dengan air pencuci pertama tetapi volume yang ditampahkan sebanyak 100% dari total produk. (Penentuan banyaknya proses pencucian diukur dari kekeruhan air pencuci yang dipisahkan setelah proses pencucian).

Pemisahan III (*Settling III*)

Sebelum dilanjutkan pada tanki pengering untuk proses pemurnian, produk yang dihasilkan dipisahkan terlebih dahulu antara lapisan pertama dan kedua, proses ini dilakukan selama 30 menit. Lapisan kedua berupa air ditampung pada tanki recovery metanol. Sementara lapisan pertama dibagi dua 65% dikembalikan ke tanki pencucian dan 35 % diumpalkan ke tanki pengeringan.

Pengeringan (*Drying*)

Proses pengeringan dilakukan untuk mendapatkan produk yang kemurnian lebih tinggi. Air atau metanol sisa yang masih terkandung dalam larutan diuapkan melalui proses pengeringan ini pada temperatur 100 °C selama 1 jam. Dengan menggunakan pompa vakum produk biodiesel dialirkan pada tanki penampungan.

Penyaringan (*Filtration*)

Proses penyaringan merupakan pemurnian akhir untuk mendapatkan produk yang baik sesuai dengan spesifikasi yang akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan standar mutu yang tertera pada SNI-04-7182-2006 tabel 1. Produk yang dihasilkan diuji di laboratorium menggunakan acuan normatif uji yang lain; FFA (Free Fatty Acid) dengan ASTM D 14214:2002(E), Massa jenis pada 40 °C dengan ASTM D 1298, Viskositas Kinematik dengan ASTM D 445, Gliserol Bebas terikat dengan ASTM D 6584, Titik nyala (flash point) dengan ASTM D 93, Air dengan ASTM D 1796.

Tabel 1. Nilai SNI-04-7182-2006

Parameter	Satuan	Nilai
Massa Jenis 40 °C	Kg/cm ³	850-890
Viskositas Kinematik	Mm ² /s	2,3 - 6,0
Gliserol Bebas	% massa	Maks 0,02
Gliserol Terikat	% massa	Maks 0,24
Air	% volume	Maks 0,05
FFA	mg KOH/g	Maks 0,8
Titik nyala	° C	Min 100

Angka penyabunan, angka yang menunjukkan banyak miligram basa yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram contoh minyak. Angka ini diukur dengan metode AOCS Cd 3-25. Dan hasil Biodiesel Jarak dan Kelapa Sawit pada tabel 2.

Tabel 2. Minyak Jarak (MJ) dan Kelapa Sawit

Parameter	Satuan	MJ
Massa Jenis 40°C	Kg/cm ³	842
Viskositas, 40 °C	mm ² /s	5,3
FFA	mg KOH/g	0,3
Gliserol Bebas	% massa	0,03
Gliserol Terikat	% massa	0,3
Air	% volume	0,035
Angka penyabunan	% massa	29
Titik nyala	° C	115

Perbandingan Persen Rendemen

Biodiesel Secara Batch dan Kontinyu: (1). Proses Pembuatan Biodiesel Secara Batch; dari hasil perhitungan yang didapat rendemen yang dihasilkan sebesar 70 % untuk proses pembuatan Biodiesel dari minyak jarak dan 82% untuk proses pembuatan biodiesel dari CPO. (2). Proses Pembuatan Biodiesel Secara Kontinyu; dari hasil perhitungan yang didapat rendemen yang dihasilkan sebesar 89 % untuk proses pembuatan biodiesel yang menggunakan bahan baku minyak jarak dan 93 % menggunakan bahan baku CPO.

KESIMPULAN DAN SARAN

Setane number minyak jarak rendah (51-52). Keuntungan minyak jarak adalah tidak beracun dan potensial untuk ditanam pada lahan kritis. Secara literatur *cloud point* lebih rendah dari minyak sawit (CPO). Bahan baku CPO sudah tersedia secara komersial dan perkiraan bahan baku pada tahun 2010 sebesar 17,5 juta ton, namun pada penelitian ini menggunakan bahan baku campuran dari P.T SAP dan PTPN VII Desa Penanggiran. Dari sisi proses yang dilakukan terdapat kenaikan rendemen antara

proses pembuatan biodiesel dengan batch dan kontinyu. Mutu biodiesel yang dihasilkan telah mendekati SNI. Teknologi ekstraksi minyak jarak masih sederhana sehingga minyak jarak yang digunakan kemurniannya masih rendah. Oleh sebab itu perlunya rekayasa alat ini dibuat secara kontinyu

DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Andreas Santosa, 2005. Tinjauan Kritis Terhadap Kebijakan Pengembangan Jarak Pagar untuk Biodiesel Seluas 10 Juta Hektar di Indonesia.
- Prihandana, 2005. Pengembangan *Integrated Biofuel* Industri: Pengalaman PT Rajawali Nusantara Indonesia. Bogor.
- Ristek, 2007. Proses dan Rekayasa Rancang Bangun Pabrik Biodiesel Skala Kecil. Serpong Tangerang.
- Nanang F dan Rosiyah F, 2003. *Jurnal Pemanfaat Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Alternatif*.
- Tirto Prakoso, 2006. Proses Pengolahan Minyak Jarak Pagar menjadi Biodiesel pada Berbagai Skala Industri. Bogor.
- Warta, 2006. Volume 28 Nomor 3. Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit. Medan
- Wirawan, S.S, 2005. Teknologi Biodiesel dan CPO dan Aplikasinya pada Mobil Diesel pada Berbagai Skala Industri. Bogor.